

Impacto das mudanças climáticas para o período futuro 2071-2100 no zoneamento do milho no Sul do Brasil

Angelo Mendes Massignam¹, Cristina Pandolfo², Wilian da Silva Ricce³, Anderson Santi⁴ e Ludmila Nascimento Machado⁵

Resumo – O milho é uma cultura com grande importância econômica e social no Brasil. O objetivo do trabalho foi determinar os impactos das mudanças climáticas no zoneamento climático da cultura do milho, ou seja, definir as classes de aptidão para o cultivo e os períodos de épocas de semeadura recomendados em condições de sequeiro para o período futuro 2071-2100 nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Três cenários climáticos foram utilizados para avaliar o impacto potencial das mudanças climáticas no zoneamento climático: o atual e dois cenários futuros: um cenário pessimista (A2) e um cenário otimista (B2). O zoneamento climático para os três cenários (atual, A2 e B2) foi elaborado com as seguintes classes de aptidão: cultivo apto e cultivo inapto. No Sul do Brasil houve um significativo deslocamento da época de semeadura recomendada pelo zoneamento climático para a cultura do milho nos cenários futuros, tanto no otimista (B2) como no pessimista (A2). A partir dos resultados, para os cenários futuros a ocorrência de geada mensal continua sendo a variável climática que determina o período de semeadura recomendada tanto para o estado de Santa Catarina como para o do Rio Grande do Sul. Já para o estado do Paraná, a necessidade hídrica mensal foi a variável climática determinante para indicar o período de semeadura.

Termos para indexação: Geada; temperatura; Precip; época de semeadura.

Climate change and climatic zoning of maize in the south of Brazil

Abstract – Maize is a crop of high economic and social importance in Brazil. The objective of this study is to determine the impacts of climate change on climatic zoning, i.e., to define aptitude classes for cultivation and the periods recommended for the sowing times of the maize in rainfed conditions for the period 2071 to 2100 in the states of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul, in the south of Brazil. Three climate scenarios were used to evaluate the potential impact of climate change on climatic zoning of maize: current (baseline - 1961-1990) and predicted future climatic conditions (2071-2100) (A2 and B2). The climatic zoning for the three scenarios (current, A2 and B2) were elaborated with the following aptitude classes: suitable and unsuitable for crop cultivation. There was a significant temporal change of recommended sowing time by climatic zoning for maize in the future scenarios, both optimistic (B2) and pessimistic (A2). In future scenarios, the occurrence of frost remains the climatic variable that determines the recommended sowing time period in the States of Santa Catarina and Rio Grande do Sul, Brazil. However, in Paraná there was a change and the water requirement satisfaction index became the variable that determines the recommended sowing time period for maize.

Index terms: Frost; temperature; Precip; sowing time.

Introdução

A produção do milho dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul em relação à produção nacional é expressiva, e na safra 2006/07 representou 46,3% da produção nacional. O Paraná continua ocupando a primeira posição nacional, mas sua participação diminuiu de 27% para 22%; o Rio Grande do Sul caiu de 11,7% para 10% e Santa Catarina diminuiu de 7,6% para 6,3%

(SÍNTESE... 2011).

Estudos globais recentes têm apontado mudanças climáticas consistentes, principalmente nos extremos da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica em diversas partes do globo (IPCC, 2013). No Sul do Brasil, estudos (CAMARGO et al., 2006) também têm apontado mudanças nas temperaturas e na precipitação. De uma forma geral, esses trabalhos indicam aumento da temperatura do ar, especialmente nas

temperaturas mínimas, e evidenciam aumento na intensidade dos eventos de precipitação pluvial.

Como consequência dessas mudanças climáticas globais, estudos mostraram redução na produção da cultura do milho de 10% na África e na América Latina (JONES & THORNTON, 2003), 10% a 30% dependendo do tipo de híbrido usado e da severidade das mudanças climáticas na parte central do Chile (MEZA et al., 2008), e de 1% a 39% para ▶

Recebido em 24/2/2014. Aceito para publicação em 13/4/2015.

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr. Epagri/Ciram, C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3665-5128, e-mail: massignam@epagri.sc.gov.br.

² Engenheira-agrônoma, Dra. Epagri/Ciram, Florianópolis, SC, e-mail: cristina@epagri.sc.gov.br.

³ Engenheiro-agrônomo, Dr. Epagri/Ciram, Florianópolis, SC, e-mail: wilianricce@gmail.com.

⁴ Engenheiro-agrônomo, M.Sc, Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, e-mail: anderson.santi@embrapa.br.

⁵ Engenheira-agrônoma, Bolsista CNPQ, Epagri/Ciram, Florianópolis, SC, e-mail: luddmachado@hotmail.com.

os próximos 100 anos no Irã (LASHKARI et al., 2011). Uma análise dos rendimentos históricos experimentais de milho na África mostrou que a produção de milho foi reduzida em 1% e 1,7% para cada grau-dia acima de 30°C em condições ideais e em condições de sequeiro respectivamente (LOBELL et al., 2011).

No Brasil, estudos mostram redução na área e na produção de milho (DECONTO et al., 2008). Em Minas Gerais, estudo dos impactos das mudanças climáticas na cultura do milho, com o modelo Ceres-Maize, indicam redução no rendimento de grãos de 15% e de 10% para os cenários A2 e B2 respectivamente (SILVA JÚNIOR et al., 2007).

A principal causa da redução dos rendimentos de grãos da cultura do milho é a diminuição do ciclo da cultura (IQBAL et al., 2011; MEZA et al., 2008). Quando o crescimento de grãos ocorre em temperaturas elevadas, entre 25 e 32°C, o aumento na taxa efetiva de crescimento de grãos, com correspondente encurtamento do ciclo da cultura, só não reduz o rendimento de grãos se a radiação incidente for proporcional ao aumento em temperatura (MUCHOW, 1990). Em contraste com esses resultados, alguns autores relatam aumento no rendimento de grãos da cultura do milho decorrente do impacto das mudanças climáticas (MEZA et al., 2008; SOUTHWORTH et al., 2000). Estudo do efeito não linear de temperaturas nos históricos dos experimentos do milho na África mostrou que temperaturas menores que 23°C durante o crescimento do milho tenderam a ter ganho em rendimento de grãos, enquanto a cultura do milho cultivada em temperaturas acima desse valor tendem a ter declínio com o aumento da temperatura. Esse declínio foi maior quando a cultura foi exposta a temperaturas diárias superiores a 30°C (LOBELL et al., 2011). Resultados semelhantes foram encontrados em outros estudos (BYJESH et al., 2010; SOUTHWORTH et al., 2000).

Estudar os impactos das mudanças climáticas na cultura do milho é importante para eleger as estratégias de

adaptação visando reduzir os impactos negativos ao milho, garantindo, assim, a segurança alimentar (BYJESH et al., 2010). Vários estudos com potencial para aplicação na região Sul do Brasil têm indicado estratégias de adaptação e de mitigação dos impactos negativos das mudanças climáticas. Alguns deles sugerem desenvolver variedades tolerantes a altas temperaturas (IQBAL et al., 2011; SOUTHWORTH et al., 2000) e à deficiência hídrica (LOBELL et al., 2011). Pesquisas recentes do Cimmyt sugerem que há larga variabilidade genética nas variedades de milhos tropicais para a adaptação a altas temperaturas que os programas de melhoramento genético poderiam usar (HELLIN et al., 2012). Outra opção seria desenvolver ou escolher variedades com ciclos diferentes (BYJESH et al., 2010; SOUTHWORTH et al., 2000). O estudo do impacto das mudanças climáticas nos Estados Unidos mostrou que as variedades de ciclo precoce tiveram maior redução de rendimento de grãos quando comparado com as variedades de ciclo médio ou tardias (SOUTHWORTH et al., 2000).

Mudança na época de semeadura tem sido sugerida por vários trabalhos (BYJESH et al., 2010; CHEN et al., 2012; LASHKARI et al., 2011) como estratégia para adaptação às mudanças climáticas. Meza et al. (2008) indicaram semeaduras no cedo como estratégia de adaptação às mudanças climáticas para a parte central do Chile. Nos estados do Sul do Brasil a variação sazonal da radiação solar é grande, e uma antecipação da semeadura poderia ter efeitos negativos na produção de grãos devido à redução da radiação solar durante o enchimento do grão. Portanto, para essa região, são importantes estudos detalhados para determinar as melhores épocas de semeadura como estratégia de adaptação às mudanças climáticas.

O objetivo deste estudo foi determinar os impactos das mudanças climáticas no zoneamento climático a longo prazo, isto é, definir classes de aptidão para o cultivo e os períodos recomendados para a semeadura do milho consi-

derando o período de 2071 a 2100 nos estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Os estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul estão localizados no Sul do Brasil, entre os meridianos de 48° e 58° W e os paralelos de 22° e 34° S. O total da área dos três estados é de 576.774,3km², representando 6,77% da área do território nacional. Segundo a classificação de Köppen, predominam os seguintes tipos climáticos: Cfa, Cfb e Af (WREGG et al., 2011).

Três cenários foram usados para avaliar o impacto das mudanças climáticas no zoneamento climático da cultura do milho no Sul do Brasil: cenário atual (1961-1990) e cenários futuros A2 e B2 (2071-2100) (NAKICENOVIC et al., 2000). O Modelo Climático HadRM3P foi usado como ferramenta para gerar os dados diários de precipitação e temperaturas máxima, média e mínima do ar dos três cenários na região Sul do Brasil. Segundo Marengo et al. (2009), o modelo climático regional do Hadley Center, o HadRM3P, o qual é baseado na versão mais recente do HadCM3, oferece boa representação do clima atual para o Sul do Brasil. O HadRM3P faz parte do Sistema Integrado de Modelagem Regional Precip (Providing Regional Climate for Impacts Studies) e possui resolução horizontal de 50km com 19 níveis na vertical (da superfície até 30km na estratosfera) e 4 níveis no solo. Entretanto, um estudo mais detalhado mostrou que o ciclo anual de chuva na região Sul do Brasil é levemente superestimado por esse modelo, especialmente na primavera e no verão. Nos meses de inverno, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina há uma aproximação notável entre os dados observados e os dados simulados pelo modelo regional (CAMARGO et al., 2011). Os ciclos anual e sazonal dos dados observados e dos dados simulados das temperaturas do ar pelo modelo regional tiveram bom ajuste (CAMARGO, 2010).

Os dados diários do total de precipitação, da temperatura média e da mínima do ar para os três cenários (atual, A2 e B2) foram obtidos do modelo Precis na escala 0,5 x 0,5 grau (50km x 50km na resolução horizontal). Os totais mensais de precipitação foram interpolados por krigagem ordinária e extraídos para a malha de 900m x 900m com o software ArcGis 9.3/10. Esses pontos de grade de altitude georreferenciados em uma malha com pontos espaçados regularmente a 90m foram obtidos do mapa de relevo da região Sul disponibilizado no trabalho de Miranda (2005) na escala 1:250.000. Uma análise de consistência foi feita para eliminar os ruídos (pontos faltantes e com dados zerados). A malha resultante apresentou mais de 760.000 pontos, abrangendo Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

As temperaturas média e mínima mensal do ar foram estimadas por equações de regressão para a mesma malha de pontos espaçados regularmente a 900m. Foram ajustadas 72 equações de regressão linear múltipla entre as temperaturas média e mínima mensal do ar (variáveis dependentes) e a latitude, longitude e altitude (variáveis independentes) para a região Sul.

Assad et al. (2004), para comparar espacialmente a variação do risco de geada em quatro estados brasileiros, consideraram a probabilidade de ocorrência de geada a 25% quando a temperatura mínima diária do abrigo foi inferior ou igual a 1°C. Neste estudo foi considerada a ocorrência de geada quando a temperatura mínima mensal do ar era igual ou inferior a 10°C ou a temperatura média do ar era inferior ou igual a 15°C. Esses valores de temperatura foram determinados levando em consideração a variabilidade da probabilidade de ocorrência de geada para Santa Catarina (MASSIGNAM et al., 1998), Paraná (GRODZKI et al., 1996) e Rio Grande do Sul (OLIVEIRA, 1997).

O balanço hídrico climatológico utilizado para os três cenários (atual, A2 e B2) foi baseado no modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955). Na

elaboração do balanço hídrico climatológico foi utilizada uma CAD de 100mm, e a evapotranspiração de referência calculada pelo método de Thornthwaite para os três estados do Sul do Brasil. Para o cálculo da evapotranspiração de referência foram utilizados dados de temperatura média do ar provenientes do Precis para os três cenários (atual, A2 e B2). O balanço hídrico climatológico foi calculado na escala mensal.

O critério utilizado para a estimativa da disponibilidade hídrica foi o índice de satisfação da necessidade mensal de água (Isna). O Isna é definido como a relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração de referência. Os valores do Isna mensal foram interpolados pelo método do inverso do quadrado da distância e extraídos para a malha de 900m x 900m com o software ArcGis 9.3/10.

Utilizou-se o programa ZonExpert 1.0 (PANDOLFO et al., 1999) como ferramenta para a elaboração do zoneamento climático. Por questões operacionais e demanda excessiva de processamento do Zonexpert em função dos critérios do zoneamento, foi necessário reduzir o número de pontos da malha de 900m x 900m. Foi gerada uma subgrade de pontos para os três estados e cada faixa altimétrica (100 em 100m) de cada município estava representada por um ponto georreferenciado. O critério utilizado foi localizar aleatoriamente um ponto a cada 100m de variação de altitude para cada município da região Sul, resultando na subgrade com 6.341 pontos. Assim, cada ponto representou uma faixa altimétrica e possui a informação da porcentagem de área dessa faixa em relação ao total da área do município.

Os zoneamentos climáticos para os três cenários (atual, A2 e B2) foram elaborados com as seguintes classes de aptidão: cultivo apto e cultivo inapto. Foram considerados cultivo apto para a cultura do milho os municípios que tiveram pelo menos um decêndio com semeadura recomendada. A semeadura no decêndio foi considerada recomendada para um município quando no m

nimo em 20% da área representada pelos pontos da subgrade georreferenciada foram considerados recomendados.

Para todos os pontos da subgrade georreferenciada do programa ZonExpert foi simulada a possibilidade de semeadura para os 36 decêndios. As variáveis climáticas e os critérios utilizados para a recomendação da semeadura para o zoneamento climático da cultura do milho foram no ciclo; i. ocorrência de geada mensal (temperatura mínima mensal do ar igual ou inferior a 10°C ou temperatura média do ar inferior ou igual a 15°C) durante todo o ciclo da cultura; e ii. o índice de satisfação da necessidade de água mensal superior ou igual a 0,60 durante todo o ciclo da cultura. Os ciclos dos cultivares de milho variam em função da época de semeadura e do local. Para representar os cultivares de milho recomendados para os três estados, considerou-se um único ciclo de 140 dias (14 decêndios).

A expansão ou retração do aumento do período recomendado de semeadura foram feitas comparando-se o número de decêndios com semeadura recomendada do cenário atual com os dos cenários futuros (A2 e B2).

Resultados e discussão

Todos os municípios do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul tiveram o cultivo apto pelo zoneamento climático no cenário atual e nos cenários futuros (A2 e B2). Portanto, não houve alteração da área potencial de cultivo apto para a cultura do milho com o impacto das mudanças climáticas. Resultados similares para a região Sul foram encontrados por Deconto et al. (2008). Entretanto, esses autores estimaram uma redução de área no Brasil em municípios aptos para o cultivo do milho de 12% em 2020, 15% em 2050 e 17% em 2070.

Nos cenários futuros houve mudança temporal do período de semeadura recomendado para os três estados, porém houve uma resposta diferente entre os estados. Nos estados de Santa

Catarina e do Rio Grande do Sul houve expansão do período de semeadura recomendada para os cenários futuros (Figura 1 e Tabela 1). No cenário A2, 72% e 91% dos municípios tiveram aumento no período de semeadura recomendado para os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul respectivamente. No cenário B2, 53% e 91% dos municípios tiveram aumento no período de semeadura recomendado para o estado de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul respectivamente. No estado do Paraná, em termos médios, não houve alteração do período de semeadura recomendado na simulação do cenário futuro (Tabela 1). Entretanto, 28% e 15% dos municípios tiveram redução no período de semeadura recomendada nos cenários A2 e B2 respectivamente.

No cenário atual, na maioria dos municípios dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina e em alguns municípios do Estado do Paraná as temperaturas foram amenas e houve ocorrência de geada na primavera, o que limitou o período de semeadura recomendado para a cultura. Com o aumento projetado das temperaturas nos cenários futuros, houve diminuição da ocorrência de geada, resultando no aumento do período de semeadura recomendado pelo zoneamento (Figura 2). A redução do período de semeadura da cultura do milho para os cenários futuros A2 e B2 em relação ao zoneamento atual no estado do Paraná (Figura 1 e Tabela 1) foi devida ao aumento do índice de satisfação da necessidade mensal de água.

Em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul a ocorrência de geada mensal foi a variável que delimitou o período de semeadura recomendada nos três cenários. Não houve restrição do período de semeadura recomendado devido ao índice de satisfação da necessidade de água mensal para os zoneamentos climáticos nos três cenários (Tabela 2). No Paraná a ocorrência de geada mensal foi a variável que delimitou o período de semeadura no cenário atual. Em contraste, a restrição do período de semea-

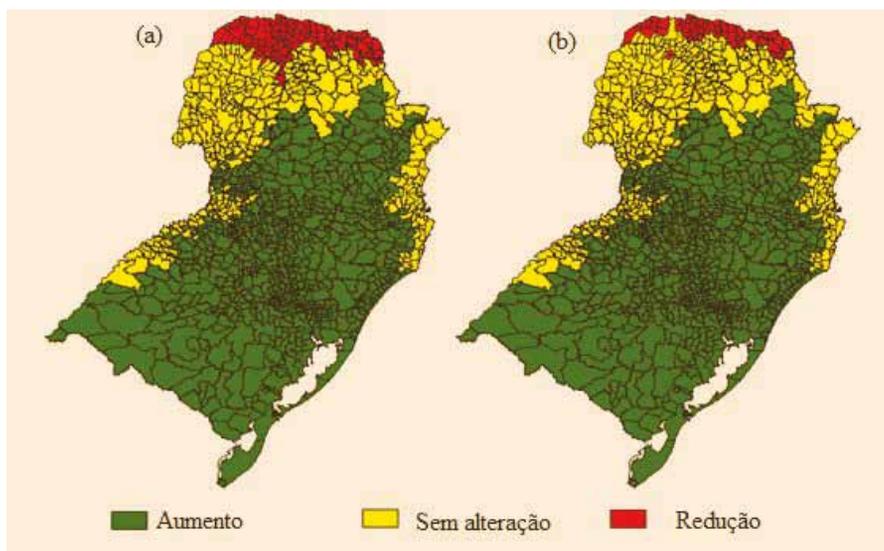


Figura 1. Variação, em número de decêndios, do período de semeadura recomendado para o zoneamento climático da cultura do milho (A) no cenário A2 e (B) no cenário B2 em relação ao zoneamento atual no Paraná, em Santa Catarina e no Rio do Grande de Sul

Tabela 1. Número médio de decêndios com semeadura recomendada por município para a cultura do milho nos três cenários para os estados do Paraná, de Santa Catarina e do Rio do Grande do Sul

Estado	Cenário		
	Atual	A2	B2
Paraná	31,1	30,5	33,2
Santa Catarina	21,7	35,4	34,2
Rio Grande do Sul	17,1	35,3	32,5

Tabela 2. Porcentagem média da restrição do período de semeadura recomendado, em decêndios, do índice de satisfação da necessidade mensal de água e da ocorrência de geada mensal do zoneamento climático na cultura do milho para os estados do Sul do Brasil

Estado	Variável	Cenário		
		Atual	A2	B2
PR	Isna ⁽¹⁾	2,5	12,1	6,2
SC	Isna	0,0	0,0	0,0
RS	Isna	0,0	0,0	0,0
PR	Ocorrência de geada	21,2	1,1	2,5
SC	Ocorrência de geada	58,8	7,9	18,5
RS	Ocorrência de geada	55,5	10,6	17,2

⁽¹⁾ Índice de satisfação da necessidade mensal de água.

dura recomendado para os cenários futuros foi o índice de satisfação da necessidade mensal de água (Tabela 2). Essas diferenças dos impactos das mudanças climáticas nos três estados podem ser explicadas, pois ambos os cenários futu-

ros do modelo HadRM3P apresentaram aquecimento para a região Sul do Brasil, com anomalias maiores no Paraná e aumentos mais amenos no sul do Rio Grande do Sul e no litoral da região Sul (CAMARGO, 2010).

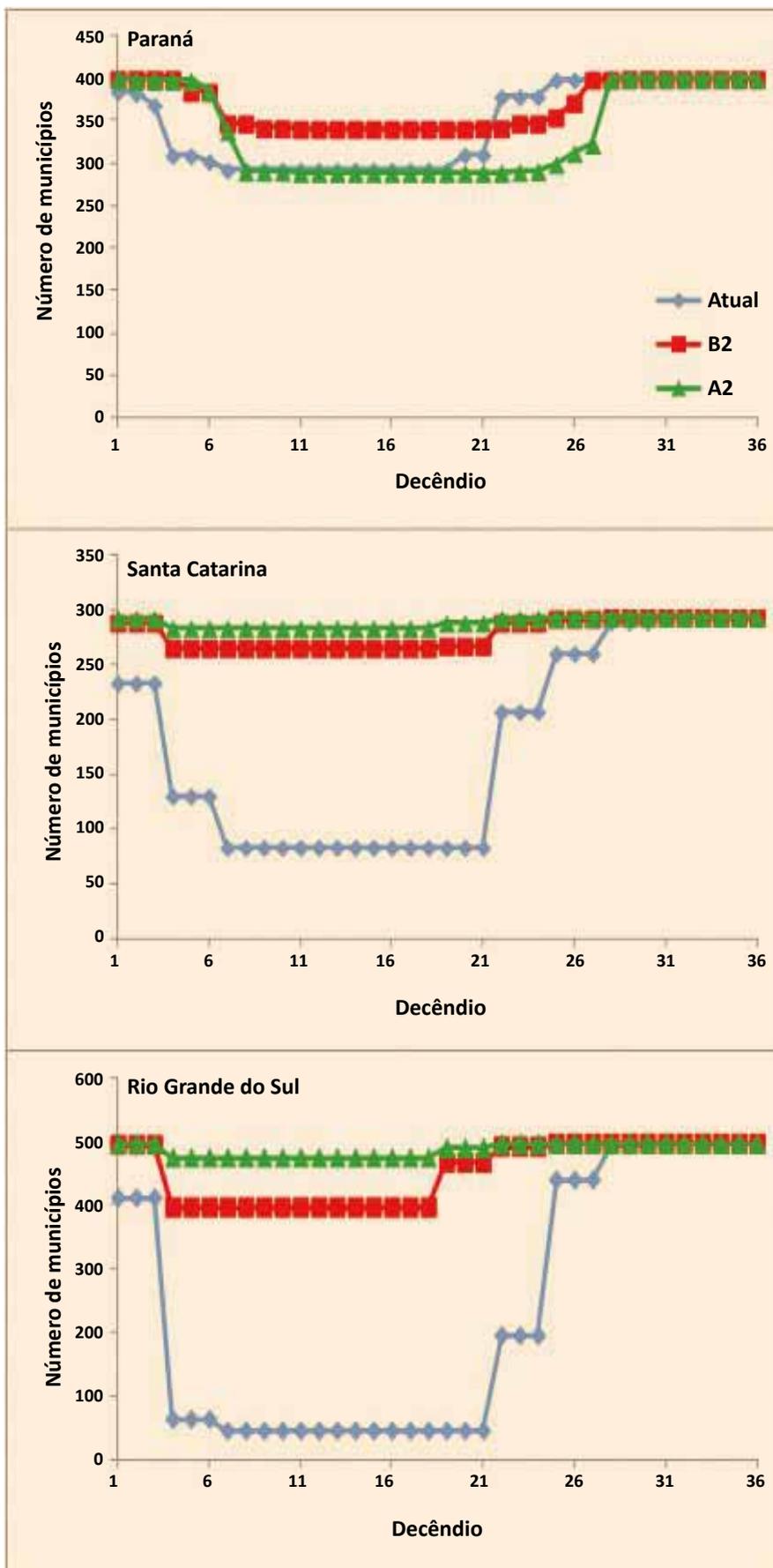


Figura 2. Número de municípios com cultivo apto para a cultura do milho por decêndio no Paraná, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul para os três cenários

Conclusões

No sul do Brasil houve uma mudança temporal do período de semeadura recomendado pelo zoneamento climático da cultura do milho para os cenários futuros, tanto no otimista (B2) como no pessimista (A2).

Nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul houve expansão do período de semeadura recomendado.

No estado do Paraná, em termos médios, não houve alteração no período de semeadura recomendado na simulação do cenário futuro.

Referências

ASSAD, E.D. ; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.

BYJESH, K.; KUMAR, S.N.; AGGARWAL, P.K. Simulating impacts, potential adaptation and vulnerability of maize to climate change in India. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.15, n.5, p.413-431, 2010.

CAMARGO, C.G. **Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na região Sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina**. 2010. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP.

CAMARGO, C.G.; MALANDRIN, D.A.; MARENGO, J.; BRAGA, H.J.; PANDOLFO, C.; MASSIGNAM, A.M. Análises dos padrões climáticos futuros de precipitação na região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari, ES. **Anais....** Guarapari, ES: Incaper, 2011.

CAMARGO, C.G.C.; BRAGA, H. J.; ALVES, R. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.19, n.3, p.31-35, nov. 2006.

CHEN, G.; ZHANG, J.; LIU, P.; DONG, S. Factors affecting summer maize yield under climate change in Shandong Province in the Huanghuaihai region of China. **International**

Journal of Biometeorology, v.56, n.4, p.621-629, 2012.

DECONTO, J.G. (Coord.). **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa; Campinas: Unicamp, 2008. 82p.

GRODZKI, L.; CARAMORI, P.H.; BOOTSMA, A.; OLIVEIRA, D. de.; GOMES, J. Risco de ocorrência de geada no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, n.1, p.93-99, 1996.

HELLIN, J.; SHIFERAW, B.; CAIRNS, J.E.; REYNOLDS, M.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; BANZIGER, M.; SONDER, K.; ROVERE, R. La. Climate change and food security in the developing world: Potential of maize and wheat research to expand options for adaptation and mitigation. **Journal of Development and Agricultural Economics**, v.4, n.12, p.311-321, 2012.

IPCC. **Climate change 2013: the physical science basis: summary for policymakers**. 2013. 36p. Contribution of working group I to the fifth assessment report. Twelfth session of working group I. Disponível em: <http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27_Sep2013.pdf>. Acesso em: 28 out. 2013.

IQBAL, M.A.; EITZINGER, J.; FORMAYER, H.; HASSAN, A.; HENG, L.K. Simulation study for assessing yield optimization and potential for water reduction for summer-sown maize under different climate change scenarios. **The Journal of Agricultural Science**, v.149, n.2, p.129-143, 2011.

JONES, P.; THORNTON, P. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change**, v.13, n.1, p.51-59, 2003.

LASHKARI, A.; ALIZADEH, A.; REZAEI, E.E.;

BANNAYAN, M. Mitigation of climate change impacts on maize productivity in northeast of Iran: a simulation study. **Mitigation and adaptation strategies for global change**, v.17, n.1, p.1-16, 2011.

LOBELL, D.B.; BÄNZIGER, M.; MAGOROKO-SHO, C.; VIVEK, B. Nonlinear heat effects on African maize as evidenced by historical yield trials. **Nature Climate Change**, v.1, n.1, p.42-45, 2011.

MARENGO, J.A.; AMBRIZZI, T.; DA ROCHA, R.P.; ALVES, L.M.; CUADRA, S.V.; VALVERDE, M.C.; TORRES, R.R.; SANTOS, D.C.; FERRAZ, S.E.T. Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, v.35, n.6, p.1073-1097, 2009.

MASSIGNAM, A.M.; DITTRICH, R.C. Estimativa do número médio e da probabilidade mensal de ocorrência de geadas para o estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, n.2, p.213-220, 1998.

MEZA, F.J.; SILVA, D.; VIGIL, H. Climate change impacts on irrigated maize in Mediterranean climates: Evaluation of double cropping as an emerging adaptation alternative. **Agricultural Systems**, v.98, n.1, p.21-30, 2008.

MIRANDA, E.E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 15 mar. 2010.

MUCHOW, R.C. Effect of high temperature on grain-growth in field-grown maize. **Field Crops Research**, v.23, p.145-158, 1990.

NAKICENOVIC, N. et al. **Special report on emission scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change**, 2000. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/>

emission/index.htm>. Acesso em: 18 jul. 2013.

OLIVEIRA, H.T. de. **Climatologia das temperaturas mínimas e probabilidade de ocorrência de geada no estado do Rio Grande do Sul**. 1997. 81p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia – opção Agrometeorologia) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

PANDOLFO, C.; PEREIRA, E.; RAMOS, A.; MASSIGNAM, A.M.; MIRANDA JR., G.X.; THOMÉ, V. Sistema computacional para elaborar o zoneamento agrícola para o estado de Santa Catarina – Zonexpert 1.0. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999.

SILVA JÚNIOR, J.L.C.; COSTA, L.C.; DE AMORIM, M.C.; BARBOSA, F.J. Mudanças climáticas e agricultura: um estudo de casos para as culturas do milho e do feijão em Minas Gerais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v.31, n.1, 2007.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2010-2011. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2011. 184p.

SOUTHWORTH, J.; RANDOLPH, J.C.; HABECK, M.; DOERING, O.C.; PFEIFER, R.A.; RAO, D.G.; JOHNSTON, J.J. Consequences of future climate change and changing climate variability on maize yields in the midwestern United States. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.82, n.1-3, p.139-158, 2000.

WREGGE, M.S.; STEINMETZ, S.; REISSER JÚNIOR, C.; ALMEIDA, I.R. de. (Eds.). **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 333p., 2011. ■



Siga a Epagri nas redes sociais!

Informação atualizada a todo instante.

www.facebook.com/epagri

www.twitter.com/epagrioficial